蝶と蛾 *Lepidoptera Science* **62** (3): 127–134, October 2011

ツマグロヒョウモンの北上の原因を探る (2)幼虫の行動および冬期の野生のスミレの状態

津吹 卓

170-0004 東京都豊島区北大塚 1-10-33 東京都私立十文字中学・高等学校

Research on the reasons for the recent spread throughout the northern areas of Japan of the argynnine butterfly, *Argyreus hyperbius* Linnaeus (Lepidoptera, Nymphalidae) (2)Activity of the larvae, and conditions of the wild violets in winter

Takashi TSUBUKI

Jumonji High School, Kitaotsuka 1-10-33, Toshima-ku, Tokyo, 170-0004 Japan

Abstract The author studied how larvae of *Argyreus hyperbius* survived through the winter. The activity of larvae and the growth of wild violets were observed in fields and residential area in Hino City, Tokyo, and the following results were obtained. (1) The larvae of *Argyreus hyperbius* actively moved even in winter, and reached other violets after consuming the leaves of one violet. (2) In winter wild violets lost their leaves or had only a small amount which was insufficient for the larvae to live on and grow. However the pansy *Viola wittrockiniana* planted in residential areas had much larger leaves in winter, and larvae of *Argyreus hyperbius* utilized the plant instead of wild violets.

Key words *Argyreus hyperbius*, activity of larva, distribution, the northern areas, passing the winter, wild violets, *Viola wittrockiniana*.

はじめに

ツマグロヒョウモン *Argyreus hyperbius* は日本各地で北上を続けている (津吹, 2009). 本種が北上をするのに必要なことは, (1) 本種の北への移動, そして (2) 移動地での越冬, であろう. そして (2) には, ①冬の低温に対する幼虫の適応, ②冬期における幼虫の餌の存在, が必要である. それは, 本種の越冬態は幼虫 (白水, 2006) だからである.

筆者等はこれまでに, (1) 本種の北への移動, の方法として卵や若齢幼虫がパンジー *Viola wittrockiniana* L. var. *hortensis* DC. に付いたまま人為的に北へ運ばれている可能性を指摘した (津吹・生亀, 2008；津吹, 2009). それは, 次の 2 つの事実に基づくものであった. 第 1 に, 東京都日野市において目撃されたツマグロヒョウモンの個体数が 2000〜2008 年に激増した. 第 2 に, 本種の幼虫の餌となるパンジーについては, ①各地域から東京中央卸売市場への入荷量が 1994〜2001 年で大きく増加した後 2003 年まで減少しておらず, ②日野市には, 本種が生息したり近年多くの記録が出ているいくつかの県のパンジーが入荷されていた.

この論文では, (2) 移動先での越冬がなぜ可能なのかを論じるために, まず①冬の低温に対する幼虫の反応を, 1 個体追跡法 (大谷, 1988) により調査した (津吹, 2008・2009).

合わせて, 春期・夏期・秋期の幼虫の行動も観察した. 次に②東京都日野市の調査地における野生のスミレ類の冬期の状態を観察した. そして, それらを基に, 幼虫が冬期をいかにして生き延びるのかを推測した.

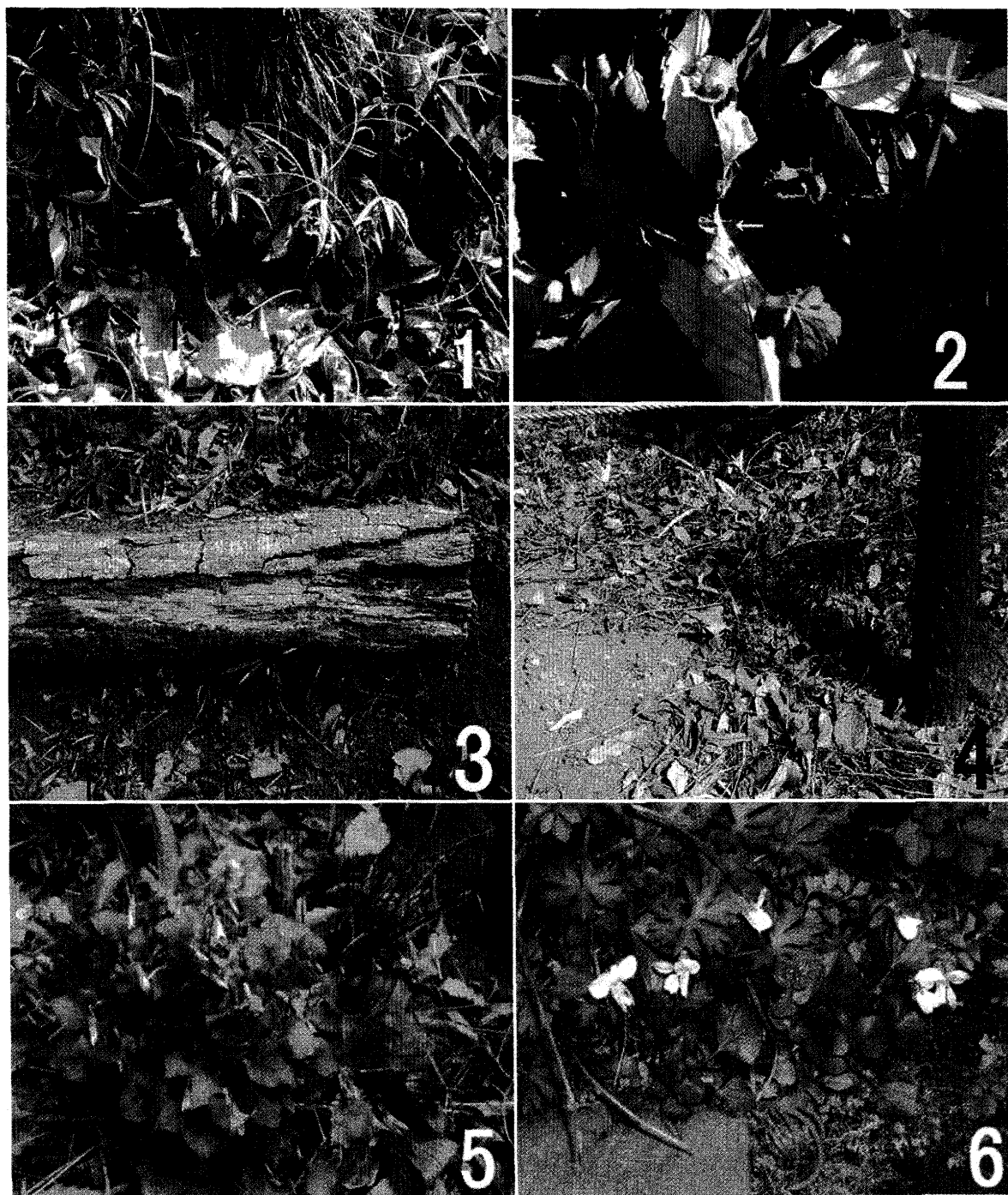
1. 調査方法

(1) 幼虫の行動観察と温度・照度測定

幼虫がどのように行動して冬の低温に反応するかを調べるために, 冬期の幼虫の行動観察を行なうとともに, 参考のために冬期以外の幼虫の行動についても調べた.

1) 冬期における幼虫の行動観察

2006 年 12 月 10 日から 2007 年 2 月 9 日に行方不明になるまで, 体長から 2 齢と思われた幼虫 1 個体を東京都日野市三沢にある自宅のマンションのベランダでスミレ類の鉢植えに放して飼育した. 初めは野外で幼虫が付いていたタチツボスミレ *Viola grypoceras* を鉢植えにして観察し, その後良い状態の葉を食べ尽くしたため, 食草をパンジーに変えて飼育・観察した. また, 2007 年 11 月 5 日〜12 月 17 日に体長から 5 齢と思われる幼虫 1 個体をベランダで同様に飼育し, この個体の行動の追跡を, 2006 年 12 月 24, 31 日, 2007 年 1 月 14, 15, 16 日, および 2007 年 12 月 9, 10 日に終日行なった. さらに 2009 年 10 月 19 日に採集した雌成虫に産卵させ, 上記同様にベランダで 8 個体の幼虫を 2010 年 2 月まで飼育・観察した.

そして上記の観察時には幼虫の付近で, 気温を熱電対 Fluke 52 (John Fluke) で, 照度を照度計 IM-2U (Uchida) で, そして幼虫の体温・幼虫の居場所・葉・株の内側等の表面温度を放射温度計 Thermo-hunterPT-3S (Optex) で測定した. その際, 昼間の気温は日向で, 熱電対に日光が当たらない

Figs 1–6. Wild violets in the field from winter to spring.

1. *Viola grypoceras* at Mogusayama Hill in winter (Jan. 20, 2008).
2. *Viola grypoceras* with a young larva at Mogusayama Hill in winter (Dec. 24, 2007).
3. *Viola grypoceras* at Mogusayama Hill in spring (March 2, 2008)
4. *Viola keiskei* f. *okuboi* in winter at Mogusayama Hill (Jan. 20, 2008).
5. Plants with many leaves and flowers of *Viola grypoceras* at Mogusayama Hill in spring (March 23, 2008).
6. Plants with many leaves and flowers of *Viola keiskei* f. *okuboi* at Mogusayama Hill in spring (April 4, 2006).

Table 1. Micro-position, body temperature, environmental temperatures (°C) and light intensity (lx) at the time when middle instar larvae of *A. hyperbius* were found on December 24 and 31, 2006, and December 10, 2007.

Date	Time	Micro-position of larva	Body temp.	Temp. of substratum	Temp. of fresh leaf (upper side)	Temp. of dried leaf (upper side)	Temp. of soil (upper side)	Air temp.*	Sunlight intensity
Dec. 24. 2006	5:30	inside brim of flowerpot	3.5	3.6	3.2	3.6	5.0	5.0	0
	7:50	inside of flowerpot	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	7.0	2000
	9:30	inside of flowerpot	9.5	10.0	8.6	9.8	7.8	11.0	60000
	11:00	inside of flowerpot	22.0	**22.0 (30.0)	22.0	22.0	22.0	21.5	44000
	12:00	inside of flowerpot	24.5	**25.8 (35.7)	21.7	24.3	24.7	24.0	51000
	13:15	in the rolled dried leaf	23.4	34.0(35.0)	25.0	23.0	23.7	25.0	35000
	14:15	outside brim of flowerpot	17.7	18.4	17.0	17.3	17.5	22.0	8300
	15:30	outside brim of flowerpot	13.3	13.3	13.2	13.4	13.2	13.0	1500
	16:30	outside brim of flowerpot	11.3	11.2	11.0	11.3	10.8	11.7	45
	18:20	outside brim of flowerpot	10.5	10.4	10.0	10.8	9.4	11.0	0
	19:30	outside brim of flowerpot	10.0	10.0	9.5	11.0	8.5	10.5	0
	22:00	outside brim of flowerpot	8.5	8.8	8.1	9.4	7.6	9.0	0
Dec. 31. 2006	10:00	inside brim of flowerpot	12.7	12.7	19.2	25.3	9.8	12.0	—
	11:30	a little lower position	24.1	22.0	—	—	25.6	19.8	42000
	13:00	on the brim (in the sunlight)	26.3	26.5	—	—	22.0	20.0	31000
	13:10	feeding on the leaf	—	—	—	—	—	—	—
	13:40	inside wall of flowerpot	21.1	21.0	21.2	19.6	21.3	20.0	32000
	16:40	inside wall of flowerpot	8.0	8.0	8.0	—	8.0	8.0	—
	22:00	on the brim	2.5	2.8	—	—	2.3	3.5	—
Dec. 10. 2007					Temp. of upper fresh leaf	Temp. of lower fresh leaf			
	9:00	middle leaf	8.9	6.5	7.7	—	—	9.7	—
	9:15	middle leaf	8.7	8.6	8.6	6.4	—	10.9	—
	10:00	middle leaf	16.7	15.0	14.1–17.7	14.6	—	16.1	—
	11:00	a little lower leaf	20.0	19.4	25.0, 26.0	16.6	—	19.2	—
	12:00	low leaf	23.0	22.3	22.3–23.5	20.1	—		—
	12:40	lower leaf	26.0	24.3	24.0–29.0	—	—	23.8	—
	13:30	lower leaf	23.3	22.8	25.0–26.6	23.6	—	21.7	—
	15:20	inside of flowerpot	14.0	14.7	12.5	13.5	—	15.2	—
	17:00	lower leaf	10.0	10.2	9.3	—	—	12.7	—
	18:30	lower leaf	9.5	9.5	8.8–9.2	9.2	—	12.8	—
	20:30	lower leaf	7.3	7.3	6.7	7.2	—	11.2	—
	23:00	lower leaf	7.8	8.0	7.5	7.8	—	11.2	—
	0:00	lower leaf	7.5	7.6	7.4	7.8	—	9.5	—

* Air temperature in the sunlight in the daytime.
** (Temperature) in the sunlight.

状態にして測定した．夜間の低温時における温度測定では，測定者の体温の影響ですぐに温度上昇が起きるため測定時間は8秒以内とし，それを越えた場合は温度が元に戻ったと思われる約30分後に追加の測定を行なった．日向の気温を測定したのは幼虫の体温が太陽の輻射熱に大きく影響されるからである．なお，日陰の気温はベランダが狭かったために測定できなかった．さらに環境条件として，最低気温をルサフォード型最低温度計 (Uchida) で，2006年12月29日～4月7日，2007年12月5日から幼虫が見られた17日まで，そして，例年より気温が低下した2010年は1月5日～2月28日の間測定した．

2) 春期における幼虫の行動観察

2006年3月21日に終齢および3齢と思われる幼虫を戸建て住宅の庭で観察した．また，2008年4月2日から体長から3齢と思われる幼虫を冬期同様にベランダで鉢植えのタチツボスミレで飼育し，5月5日に蛹化するまで観察した．

3) 夏期・秋期における幼虫の行動観察

東京都日野市三沢および日野市百草の住宅地で移動中の幼虫を数回観察し，移動の状況を記録した (2008年8月19, 23日；10月12, 13日；2009年8月15～23日)．

4) 移動速度の測定方法

観察中に幼虫が偶然ほぼ直線状に歩行したとき，歩行距離を定規で，要した秒数 (5～36秒) を時計で測定した．そして，比較のために5秒間の歩行距離に直した．

(2) 冬期の日野市における野生のスミレ類の観察場所・観察時期

ツマグロヒョウモンの幼虫が冬期に野生のスミレを食草として利用できるのかを知るために，野外でのスミレの生育状況を観察した．

2006～2009年の冬を中心に日野市百草山の駐車場の林縁および遊歩道の横の林縁で，自生しているタチツボスミレ・ケマルバスミレ *Viola keiskei* Miq. f. *okuboi* Makino 他の成長の変化をを観察した．調査年月日は，2006年4月16日；2007年2月11日，3月4日，4月16日，12月24日，30日；2008年1月20日，27日，2月11日，18日，3月2日，16日，23日；2009年1月11日，3月11日である．この場所は成虫の発生消長を調査した百草山のルート (津吹・生亀, 2008) に存在する．

2. 観察結果

(1) 幼虫の行動

1) 冬期における幼虫の行動

冬期の幼虫を飼育する中で，次のことが観察された．

①幼虫は摂食・排糞し，脱皮をして成長し続けた．具体的には次のことが確認された．2006年12月10日には1.5 cmで，11日には陰の葉の茎を摂食した．28日には1.8 cmで，30日には摂食，排糞した．2007年1月5日に脱皮し，14日には2.8 cmになった．24, 28, 31日に排糞，2月3日に排糞・摂食，5日に摂食，7日に排糞した．

②2006年12月～2007年2月に1個体だけ飼育した幼虫は，1日の中で移動して静止場所を変えた．食草上だけでなく，巻いた枯れ葉の中，植木鉢の上，パンジーの株の中，枯れ葉・枯れた茎，植木鉢やプランターの外側の溝に移動した (Table 1)．観察時において，幼虫の移動距離が最も大きかったのは餌のタチツボスミレの株の枯れ葉以外をほぼ食べ尽くしたときで．この中齢幼虫は直射日光の下でスミレから直線距離で65cm移動していた (2007年1月14日 13:00)．Table 1に，2006年12月24, 31日；2007年12月10日における幼虫の1日の移動場所と体温，および幼虫の周囲の温度と気温・照度を示した．

③2009年12月～2010年1月の飼育に用いたタチツボスミレには，これまでと異なり緑色の葉だけでなく枯れた葉や茎が多く存在した．そして幼虫は枯れた茎・葉に静止する場合が目立って多かった．夜間の温度を数日測定したがTable 1と同様，緑色の葉よりも枯れ葉の温度が数度高かった．

2) 春期における幼虫の行動

2006年3月21日に，戸建て住宅の庭で石の上で日光浴をしていた終齢および中齢幼虫が，日が陰ってきたときに敷石の道を横切って移動するのを観察した．また，2008年4月2日～5月5日の観察では，夜中の0:00前後の気温が12°C以上あり，幼虫は移動してはいたものの場所による温度差はそれほど無かった．正午前後の日光浴のための移動が，目立った．

3) 夏期・秋期における幼虫の行動

[観察1] 2008年8月19日の10:00に，戸建て住宅の水道の元栓横に生えていたアメリカスミレサイシン *Viola sororia* Willd の小さな株で，幼虫を見つけた．茎に1個体 (3齢)，緑の葉に2個体 (2齢と3齢)，少し黄化した葉に2個体 (3齢と2齢) の合計5個体の幼虫が付いていた．この株は高温と脱水で枯れそうな状態であった．同日の14:40に再度観察したところ，幼虫は3個体しか観察できなかった．株の横の環境条件はこのとき，照度44,000 lx, 日向 (幼虫の存在するコンクリートの10cm上) の気温は38.1°Cであった．各幼虫の状態は以下の通りであった．

個体A: 3齢，茎の日陰側に静止し，体温は38.0°C，茎の温度は37.1°C．

個体B: 2齢，葉の裏に静止．体温は37.6°C，葉の温度は36.8°C．

個体C: 3齢，日の当たらない葉と茎の境へ移動して静止．体温は38.3°C．

18:00の再度の観察では，3齢幼虫は3個体になったが，2齢幼虫は1個体のままであった．

[観察2] 2008年9月23日の正午頃, 住宅の石垣の下側に沿った道を, 終齢と思われる幼虫が歩行していた. 確認できた範囲では周囲5 m内にスミレ類の株は無かった. 幼虫を家に持ち帰りアメリカスミレサイシンの株に放し観察すると, 同日13:30, 15:30, 16:30に葉を摂食した. その後8月28日までこの株で摂食した後, 29日に蛹化した.

[観察3] 2008年10月12日14:16に, 日野市三沢の戸建て住宅の石垣に生えたタチツボスミレ (以下スミレ) でツマグロヒョウモンの幼虫を見つけた. 同日16:27には, 幼虫のいるスミレの葉は食べられてかなり少なくなっていた. 翌10月13日12:08に再度観察すると, 幼虫は移動中であり, 12:09に排水管の横のスミレに到達した後, 12:10にスミレの茎を摂食した. この2株のスミレの距離は50 cmであった. なお, これらのスミレを2009年1月26日に見たが, 各株の葉は小さく, 量も少なかった. この石垣は戸建て住宅に通じる階段の横にあるため, およそ縦5 m, 上底8 m, 下底1.5 mの逆台形であり, スミレは合計10株あった. 幼虫を中心に見ると, 移動前のスミレの左下35 cm, 移動後のスミレの右下10 cm, 40 cm, 70 cmにそれぞれ1株存在した.

[観察4] 2009年8月15日に, ベランダの鉢植えのアメリカスミレサイシンの株に4齢と思われる幼虫を放し, 観察を続けたところ葉を食べ続け, 葉をほぼ食べ尽くして8月20日に行方不明になった。その後探し続けたが見つからず, 8月23日に前の植木鉢から直線距離で約75 cm離れたプランターで, アメリカスミレサイシンに付いた6齢と思われる幼虫を発見した。このときすでに葉はかなり摂食されていた。

4) 幼虫の移動速度

移動速度の測定は, 偶然幼虫が歩行している時であったため, 冬期では測定できなかった。また, 食草を求めて, 蛹化場所を求めて, 日光浴等体温調節のためなど, いろいろな目的と考えられる移動時に, 速度を測定した.

①人工環境下

2007年11月7日にはベランダに置いてあった植木鉢でタチツボスミレの葉を食べ尽くした5齢幼虫が移動した. 直射日光の下 (日向の気温25.2°C) で, 移動距離は平面に直すと4 mであった. このときの移動速度は約12 cm/5秒であった. また, 蛹化直前と思われる飼育中の終齢幼虫が自宅で逃げだし, 1個体がベランダのコンクリート上を (2008年5月3日), そして2個体が畳の上 (2008年6月21日) を歩行した. 体長は約4 cmであり, ベランダおよび畳ともその表面は滑らかであった. この後摂食せずに前蛹になったため, 蛹化場所を探しての移動であろうと考えられた. 移動速度は5月3日のコンクリート上で2.5～4.5 cm/5秒, 6月21日の畳の上で3.7～10 cm/5秒あった.

②土の上

2008年4月1日の住宅地で, 終齢幼虫が日光浴の後15:40に7 cm/30秒 (体温13.6°C), 16:45に10 cm/30秒 (体温15.2°C) の速さで土の上を移動した.

(2) 最低気温

2006年12月29日～2007年4月7日におけるベランダの最低気温はそれ程低下せず, 幼虫が存在した2007年2月8日まででは −1.0°C (12月14日–15日) ～ + 7.0°C (12月2日–3日) であり, 他に氷点下は–0.5°Cが3回 (12月31日→1月1日 ; 1月7日→8日 ; 2月1日→2日) あった. それ以降の2月9日～4月7日では, –1°C (2月24日→25日) ～ + 8°C (4月2日→3日) であり, 他に氷点下は–0.2°C (2月12日→13日) が1回あった. しかし, 2010年1月14～19日はとくに気温が低下し, 昼間は晴れていたものの夜間の最低気温は, –6°Cを1回, 5.5°Cを1回, –4.5°Cを2回記録した. その間8個体の4～6齢と思われた幼虫は生存し活動していた.

(3) 冬期から春期における野生のスミレ類の状態

冬期には葉を全て落とす種類もあり, 秋期にあったスミレの場所に行ってもスミレに大きな葉は無く, 春期に再び芽を出したり成長することが確認された. 以下には冬期でも葉を付けていた種類について述べる.

1) 百草山の駐車場の林縁

日野市百草山の雑木林の周囲には, 12月, 1月でもタチツボスミレが散在しており (Fig. 1), 2007年12月27日にはそこで2齢と思われる幼虫と食痕を確認したが (Fig. 2), 自然状態での幼虫を確認できたのはこのときだけであった. しかしスミレの株自体も葉も小さいため, 葉の量も少なかった. 株はクヌギ *Quercus acutissima*・コナラ *Quercus serrata* 等の落葉樹の枯れ葉に埋まっていた. 3月上旬になっても株はそれほど大きくならなかった (Fig. 3).

2) 百草山の遊歩道の横の林縁

12月, 1月にもタチツボスミレ, ケマルバスミレ (Fig. 4) の小さな株が散在した. ただ, 1) の場所のタチツボスミレと比較すればまだ株も大きく, 葉もある程度は量があった. 3月下旬～4月になると株が育ち葉も多くなった (Figs. 5–6). しかし, この場所で幼虫は, これまでに1度も観察されていない.

3. 考　察

(1) 幼虫の移動能力

1) 低温・高温への対応

冬期は気温が低下するために, ツマグロヒョウモンの幼虫にとっては生存が厳しい季節と考えられる. さらに, 冬でも晴天の日の正午前後では日向の温度は25°Cにも達し, さらに輻射熱で直射日光下では体温はさらに高くなる. 今回の調査ではこのような環境の中で, 幼虫は実によく移動していることが明らかになった. 晴れた日の昼間は気温も輻射熱も大きな値を示した. 幼虫は高温に対して枯れ葉の中に隠れたり (Table. 1, Dec. 24, 2006, 13:15; 直射日光下で枯れ葉の温度は35.0°C, 幼虫の体温は23.4°C), 株の下に潜んだりしていた (Table 1). また, 植木鉢の縁の内側に隠れてい

た場合もあった (Table. 1) が, 前日の夜は風が強かったので, 風の影響の可能性も考えられた. また, 早朝は株の外側よりも内側の方が温度が高かったが, 日が当たるに連れて外側の温度が高くなった. 12月下旬の例 (Table 1) で見ると, 5:30, 7:50の幼虫の居場所が外側ではなく内側であったのは, 温度が低くなり過ぎないところにいるように思える. そして16:30以降は幼虫は鉢の外側にいたが, 温度も鉢の土よりは外側の方が高かった. また, 2009年12月〜2010年1月の飼育で幼虫がタチツボスミレの緑色葉よりも枯れた茎・葉によく静止していたが, これは夜間の温度が緑の葉よりも枯れ葉の方が数度高いため, 植木鉢と同様に幼虫にとって過ごしやすい場所の1つではないかと考えられた.

一方12月下旬の例 (Table 1)を見ると, 夜間の幼虫は下側の葉にいたことが分かった. このとき温度を見ると, 上の葉よりも根本の温度の方がやや高かった. 昼間は幼虫の体温が高いために適切な場所への移動が可能であるが, 夜になると気温が低下するために体温も下がり, 移動はできなくなると考えられる. すると, 夜間に適切な温度の場所にいるためには, 昼間のうちに前もってどの場所がどれくらいの温度のなるかを予知する必要があるが, それは無理なのではないだろうか. しかし, 結果的に幼虫にとってそれほどには寒くない範囲の場所にいるように見えた. 幼虫が生きるか死ぬかの条件は, 単に最低気温によるわけではないと考えられる. 最低温度が低くて致死温度に達していても, 幼虫がそれよりも暖かい場所に移動していれば, 生き残ることができると推定してはいたが (津吹, 2004), 今回の観察でかなり場所を変えていることが確認された.

冬期に埼玉県鴻巣市で幼虫がスミレ類の株の中に潜っていた例 (北村, 私信), 同様に東京都あきるの市で霜が降った日に幼虫がナツツバキ *Stewartia pseudocamellia* の落ち葉の下に隠れていた例 (森, 私信) からも, 本種の幼虫が低温に備えて移動することができると考えられる. 長野県三郷村でもエアコンの室外機の前のノジスミレ *Viola yedoensis* で越冬した例がある (田中・那須野, 2004). また, 冬期に低温となる長野県伊那市の野外においても, 幼虫が自然および人工的に温暖になった場所へ移動すること, そして地表面が日射により暖められる日中は頻繁に移動して活動することが確認されている (北原, 2008).

最低気温は2010年1月14〜19日で, 夜間に−6°Cを1回, 5.5°Cを1回, −4.5°Cを2回記録したが, 8個体の中齢から熟齢幼虫は生存し活動していた. 北原 (2008) によると長野県伊那市の野外で2004年2月28日に, 幼虫のいる "マスミレ" *Viola mandshurica* の枯葉下の気温は−6.3°Cを記録したが, 幼虫は生きていたという.

では, 移動できない場合はどうなるのであろうか. 石井・平井 (2002b) によれば, 本種の4齢幼虫3個体を室内で継続的に5°Cに置いたところ餌があっても摂食せず, 絶食状態で77〜102日生存したという. そして, 短時間であれば−4°C程度の低温には耐えられたが, 連続して10°Cを下回る環境での生存は困難であろうと彼らは推測している.

一方, 沖縄産および大阪産の本種を温度と日長を変えて卵から飼育した結果, ともに若齢期に低温に弱く, また短日 (12L12D) で幼虫期間が長くなる傾向があり (石井・平井, 2000, 2002a), さらに, 2〜3齢で休眠すると考えられるという (石井, 私信).

野外において, 温暖化により冬期の低温が上昇すれば, 幼虫が死ぬ可能性は低下するであろう. また, 低温に弱い若齢期の短日条件 (12L12D) による休眠 (石井, 私信) も, 死亡率を低下させるのに役立つであろう. しかし, 致死温度に達していなくても, 低温で動けずその結果餓死する場合もある (石井・平井, 2002b). 一定温度以下の低温が長期間継続する場合と, 一定温度以上に上昇するときがある場合では, 幼虫への影響は異なる. また, 過冷却や耐凍性との関係もあろう. 今回の野外 (ベランダ) での飼育では, 幼虫は摂食・排糞・脱皮をし, 成長していた. 1日の最低気温のうち最も低いときは−6°Cであったが, それが1日あるいは数日続くことも無く, 生存できない環境までには至らなかったと考えられる.

なお, 夏期には幼虫は2008年8月19日の真夏の環境下で体温が38°Cになっても生存しており, 夏期の高温および冬期の高温から低温までの温度幅に対してかなりの適応力を持つと考えられた.

2) 食草の探索

2008年8月12日・13日や2009年8月20日・23日の観察から, 餌の葉を食べ尽くした幼虫は新しい株へ移動しようと50〜70 cm移動したと考えられた. 2008年9月23日に観察された移動中の幼虫も, その後数日間スミレを摂食した後に蛹化したので, 餌を求めての移動だったのであろう. そして滑らかな面とはいえ, 終齢幼虫は分速36〜144 cmで移動した. 4月1日15:40に土の上で分速20 cm (体温12.5°C) 移動できたのなら, 昼間輻射熱で暖められている時間帯にはかなりの距離の移動が可能であろう. 伊藤 (2009) も名古屋市・日進市で, 街路樹下や道路際にあるスミレの葉を食い尽くした幼虫は道路上を歩いて数メートル離れた他の株に移ることを観察している. そして冬期でも2007年1月14日13:14に, 餌を食べ尽くした中齢幼虫が65 cm移動しており, 食草の探索と考えられた.

以上のように, 幼虫は餌不足になったときには春期〜秋期だけでなく, 冬期であっても可能な環境下では餌を求めて移動すると考えられた. ただ, 冬期の幼虫の移動速度および, 移動目的の違いにより移動速度が異なるのかどうかは不明であり, 今後の調査を待ちたい. 若齢幼虫なら移動速度はもっと遅くなるだろうが摂食量も少なく, さらに石井 (私信) の言う若齢期の休眠があればなおのこと, 餌を求めての移動はそれ程起きないのではないだろうか.

(2) 冬期から春期における野生のスミレ類の状態

冬期の野生のスミレ類には葉が無いか, あっても量は少ないことが分かった. この時期にもし終齢幼虫になればすぐに葉を食べ尽くすのでその株で成長するのは厳しく, 別の

株を求めて移動せざるを得ない．しかし，元の株の近くに別の株が無い場合は餓死するであろう．では，冬期の野生のスミレ類には，幼虫がどれだけ付いているのであろうか．今回の4年にわたる調査で見つかったのは，若齢幼虫がわずかに1個体のみであった (Fig. 2).

それに対して，園芸種の冬のスミレ類として，パンジーやビオラは冬期に葉を豊富に生育させている．これは冬期の幼虫にとって十分な餌になる．そして，そこに卵や若齢幼虫が付いたまま運ばれた場合 (津吹・生亀, 2008)，餌ごと移動しているために餓死をせずに成虫になる確率は高いのではないだろうか．伊藤 (2009) も名古屋市・日進市の調査から，野生のスミレは2, 3の種を除き大部分が冬に枯れて5〜6月まで新葉が出ないので，越冬幼虫と第1世代の幼虫はほとんど住宅地に植えられたパンジーだけを寄主としていると述べている．なお，長野県伊那市で餌の葉が枯れて新芽がない3月に，北原 (2008) は幼虫が濡れて柔らかくなったマスミレの枯れ葉を摂食し排糞した事例を報告している．

以上をまとめると，次のようになろう．①冬期でも餌がある状態においては，最低気温が低くても低温が長期間続かなければ幼虫は摂食して成長する．そして幼虫は頻繁に移動でき，②冬の低温・風，あるいは日中の太陽の輻射熱による高温を避けるために適切な場所に移動する．次に餌との関わりを考えてみたい．もし，③スミレの株の葉を食べ尽くした場合，幼虫は餌を探してかなりの距離を移動するであろう．しかし，野外の野生のスミレの葉の量は決して多くはないため，そこで摂食して冬期を生き延びる可能性は高くないであろう．そこで，④冬期におけるパンジーの十分な葉の存在は，ツマグロヒョウモンの幼虫にとって餌が確保されることを意味するのではないか．

幼虫に対する低温の影響は，一つは低温による致死である．そして，そこまで温度が低下しなくても，低温のために活動ができなくなることである．その結果，餌の場所へ移動できないこと，あるいは餌があっても摂食活動できない状況が続くこと，による餓死が起こるであろう (石井・平井, 2002b).

各地の成虫の季節的消長を見ると，個体数は春が少なく夏にやや増加し，秋にピークとなる (津吹・生亀, 2008; 渡邊, 2007他). この理由として，冬期は低温や餌不足のために春まで生き残る幼虫は激減し，成虫になった個体は少ないと考えられる．しかも，春の個体は幼虫時代に十分な摂食が困難なために小さく (宇野, 1984；津吹, 未発表)，また産卵数も少ないであろう．しかし春にはスミレ類の葉は生育しているため餌は確保でき，徐々に個体数が増える．その後世代を重ねるごとに個体数が増え，秋に最盛期を迎えるのではないだろうか．そして，秋の個体数が多くなればなるほど，春まで生き残る個体も増えると考えれば，日野市に起きた2004〜2008年の変化も理解できる．すなわち，2004年はほとんどの個体が秋に見られていたが，年を経るに連れて少しずつ秋以外にも観察される個体数が増えて本種の見られる季節が広がり，2008年には4月下旬から11月中旬まで継続して出現したのである (津吹・生亀, 2008；津吹, 2009).

謝　辞

大阪府立大学の石井実先生には，未発表の貴重な情報と文献をいただいた．信州大学農学部の北原曜先生には文献をいただいた．ツマグロヒョウモンの幼虫の入手するに当たり，十文字高等学校元講師の森弘安氏と同校元教諭の田口敏男氏に提供していただいた．また，幼虫の生態について，同校教諭の北村孝子氏，上記の森弘安氏から貴重な情報をいただいた．スミレ類の種の同定を日野市環境情報センターの加藤勝康氏と日野市の播本正常氏にお願いした．これらの方々に，厚くお礼申し上げる．

引用文献

石井　実・平井規央, 2000. 沖縄産ツマグロヒョウモンの温度・日長反応. 第44回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨: 25.

石井　実・平井規央, 2002a. 大阪産ツマグロヒョウモンの温度・日長反応. 第44回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨: 117.

石井　実・平井規央, 2002b. 南大阪におけるツマグロヒョウモンの越冬. 昆虫と自然 **37**(12): 28–31.

伊藤嘉昭, 2009. 琉球の蝶　ツマグロヒョウモンの北進と擬態の謎に迫る. 105pp. 東海大学出版会, 神奈川.

北原　曜, 2008. 長野県伊那市におけるツマグロヒョウモンの越冬. *Butterflies* **47**: 57–61.

中田信好・那須野雅好, 2004. 第7章 動物 第2節無脊椎動物 (2)チョウの仲間 378–394. 三郷村誌II第1巻自然編, 三郷村史編纂委員会, 三郷村史刊行会発行. ぎょうせい.

大谷　剛, 1988.「1個体追跡法」によるモンシロチョウの行動. *Spec. Bull. Soc. Jpn.*, (6): 251–271.

白水　隆, 2006. 日本産蝶類標準図鑑. 336pp. 学習研究社, 東京.

津吹　卓, 2004. 東京都日野市における4月のツマグロヒョウモンの記録と冬期の最低温度. *New Entomol.* **53**: 71–74.

津吹　卓, 2008. ツマグロヒョウモンの北上の原因を探る. (2)1個体追跡法によるツマグロヒョウモン幼虫の冬期の行動の例. 日本鱗翅学会関東支部 春の集い講演要旨集: 15–16.

津吹　卓, 2009. ツマグロヒョウモンの生態から北上を考える. 蝶学をめぐる諸問題 タカオゼミナール論文集第3集: PP 143–158. タカオゼミナール.

津吹　卓・生亀正照, 2008. ツマグロヒョウモンの北上の原因を探る. (1) 東京都日野市におけるツマグロヒョウモンの発生消長およびパンジーの入荷量・栽培方法を基にして. 蝶と蛾 **59**: 154–164.

宇野正紘. 1985. 蝶の飼育法. 130 pp. ニュー・サイエンス社.

渡邊通人. 2007. 近年分布拡大の顕著なチョウ類3種 (ツマグロヒョウモン・ナガサキアゲハ・ムラサキツバメ) の山梨県内における分布変化 (1). 山梨の昆虫 (50): 1401–1420.

Summary

Recently a subtropical argynnine butterfly, *Argyreus hyperbius*, has spread throughout the northern areas of Japan.

This paper reports factors related to overwintering of the larvae in northern areas, including avoiding cold temperatures and finding food in winter.

Larvae were reared outdoors in winter of 2006 and 2007. According to the single-individual trailing method (Ohtani, 1988), larvae were observed by measuring the body temperature, temperatures of substrata around the larva, atmospheric temperature (in the sunlight in daytime), and light intensity. The results (Table 1) showed that larvae moved often around the foodplants and flowerpots. (1) In the fastest case, a fifth instar larva of about 4 cm long walked 12 cm in 5 seconds on a flat floor and reached another violet after finishing the leaves of one plant in November. (2) In winter wild violets lost their leaves or had insufficient amounts to enable the larvae to live and grow. It appears impossible for larvae to survive the winter by relying on wild violet leaves. On the other hand, the winter planted pansy, *Viola wittrockiniana*, had many large leaves, which the larvae of *A. hyperbius* fed on, instead of those of wild violets.

(Received March 31, 2010. Accepted August 3, 2011)